

Заключение диссертационного совета 24.2.312.10, созданного
на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.04.2026 г. протокол № 61

О присуждении Пополдневу Родиону Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка конструкции и обоснование параметров измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов» по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса принята к защите 20.02.2026 г., протокол заседания № 51, диссертационным советом 24.2.312.10, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420015, Российская Федерация, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, приказ Минобрнауки России о создании диссертационного совета № 1524/нк от 21.11.2022 г.

Соискатель Пополднев Родион Сергеевич, 24.09.1978 года рождения, с 2020 г. по 2023 г. был прикреплен к кафедре машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Работает преподавателем кафедры эксплуатации и ремонта вооружения и военной техники Казанского высшего танкового командного ордена Жукова Краснознаменного училища, Министерство обороны Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Зиганшин Булат Гусманович, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», кафедра машин и оборудования в агробизнесе, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», кафедра «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», заведующий кафедрой;

Брусенков Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», кафедра «Агроинженерия», доцент кафедры,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Сазоновым Николаем Викторовичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией машинных технологий возделывания и уборки картофеля и корнеплодов», указала, что диссертация Пополднева Родиона Сергеевича является законченным научным трудом, в котором решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности процесса измельчения корнеклубнеплодов путем создания и обоснования параметров энергосберегающего измельчителя-смесителя, обеспечивающего требуемое зоотехническими нормами качество корма при снижении энерозатрат и сохранения питательной ценности, соответствует критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в текущей редакции), предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, общим объемом 103 страницы (авторский вклад 75 %), из них 3 статьи в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России, 1 статья в издании, входящем в международную реферативную базу данных Scopus, 2 патента на изобретения (№ 2788535, № 2760435), 1 патент на полезную модель (№ 230912), 9 работ в прочих изданиях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, заимствованный материал без ссылки на автора/соавтора и/или источник заимствования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Обоснование параметров измельчителя кормов / Б. Г. Зиганшин, П. В. Зайцев, Д. Т. Халиуллин, И.Х. Гайфуллин, Е.И. Байгильдеева, **Р.С. Пополднев** // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 1(45). – С. 69-77.

2. Усовершенствованный измельчитель кормов / Д.Т. Халиуллин, Ю.Х. Шогенов, Б.Г. Зиганшин, **Р.С. Пополднев** [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 11(317). – С. 28-31.

3. Определение энергоемкости процесса измельчения резанием в измельчителе кормов / **Р. С. Пополднев**, Б. Г. Зиганшин, А. В. Алешкин [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. – 2023. – Т. 18, № 4(72). – С. 82-88.

На диссертацию и автореферат поступило 15 положительных отзывов от:

- д.т.н., доцента, профессора кафедры технических систем и технологий,

ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» **Булатова С.Ю.** Замечания: 1. Требуется пояснение, почему графики, представленные на рис. 4 и 5 автореферата, построены при угловой скорости ротора $\omega = 156 \text{ с}^{-1}$, начальном радиусе от оси вращения $r_0 = 0,018 \text{ м}$, конечном радиусе $r_k = 0,165 \text{ м}$, и радиусом кривизны лопасти $R = 0,15 \text{ м}$. 2. Чем обусловлено количество рядов ножей при проведении эксперимента, равное 7 и 8? 3. Какие параметры и режимы работы рекомендуются соискателем при измельчении корнеклубнеплодов на разработанном измельчителе-смесителе для различных групп сельскохозяйственных животных и птиц?;

- академика РАН, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» **Дидманидзе О.Н.** и к.т.н., доцента той же кафедры **Пуляева Н. Н.** Замечания: 1. Экспериментальные исследования были проведены преимущественно на картофеле, для других культур (свёкла, тыква и др.) необходимы дополнительные испытания. 2. В автореферате не рассмотрены возможности интеграции системы автоматического контроля и управления параметрами измельчения. 3. Отсутствуют данные по износу ножей и других элементов при длительной эксплуатации измельчителя-смесителя;

- д.т.н., профессора, профессора кафедры эксплуатации машин и технологического оборудования ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» **Курбанова Р.Ф.** Замечания: 1. Из рисунков 1, 2 (с. 6) и из автореферата в целом, непонятно начало рабочего процесса измельчителя-смесителя: процесс начинается при пустом приёмном бункере или заполненном материалом, от этого зависит коэффициент заполнения сечения горловины материалом k_0 и результаты аналитических зависимостей второй главы диссертации. 2. Из автореферата непонятно, каковы геометрические размеры обрабатываемого материала, от которых зависит площадь S в аналитической зависимости (6) на странице 7 автореферата;

- к.т.н., доцента, заведующего кафедрой технологических систем АПК ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», **Дондокова Ю.Ж.** Замечания: 1. В работе исследовано влияние толщины ножа на удельную работу резания. Чем обусловлен выбор диапазона толщин от 1 до 5 мм? Превышает ли максимальная толщина (5 мм) реальные значения, используемые в практике кормоприготовления? 2. Из автореферата следует, что оптимальная частота вращения составляет 1200 мин^{-1} . Как было установлено это значение? Проводилась ли оптимизация пошагово или использовались методы математического планирования эксперимента? 3. В автореферате указано, что производственные испытания проводились в КФХ ИП Имамеевой Ф.М. Какова была продолжительность непрерывной работы оборудования? Возникали ли отказы или сбои в процессе испытаний?;

- к.т.н., доцента, заведующего кафедрой энергообеспечения предприятий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», **Фианшева А.Г.** Замечания: 1. В автореферате следовало бы

представить общий вид измельчителя-смесителя в виде фотографии, так как исследования посвящены этой разработке. 2. В автореферате не соблюдается нумерация рисунков, отсутствует рисунок 11;

- к.т.н., доцента, доцента кафедры технологических процессов и техноферной безопасности ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» **Труфанова Б.С.** и к.т.н., доцента, заведующего кафедрой агроинженерии и электроэнергетики того же вуза **Гурьянова Д.В.** Замечания: 1. Стр. 6, рисунок 1 «Схема измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов». Каким образом осуществляется дозирование поступающих корнеклубнеплодов в камеру измельчения? 2. Стр. 10, рисунок 6 (а) – ротор в сборе. Рисунок плохо читаем и отсутствует экспликация. 3. Рисунок 9, стр. 12. Графики целесообразно представить в цветном изображении. 4. По тексту автореферата нет информации про оптимальный угол заточки ножей измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов. Влияет ли этот угол на производительность измельчителя?;

- к.т.н., доцента, доцента кафедры механизации технологических процессов в АПК ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» **Полывяного Ю.В.** Замечания: 1. При описании конструкции измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов желательно было дать описание принципа его работы. 2. Рисунок 2 «Схема разложения сил резания на составляющие», выполненный на странице 6 автореферата, а также рисунок 6 «Рабочие органы измельчителя-смесителя», выполненный на странице 10 автореферата затруднительны для восприятия. 3. В тексте автореферата на странице 10 приводится описание лабораторной установки с отсылкой на рисунок 6, а сам рисунок несет другое содержание. Желательно было привести схему лабораторно-производственной установки и ее фотографию;

- д.т.н., профессора, профессора кафедры агроинженерии ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет» **Сабиева У.К.** и к.т.н., доцента, доцента той же кафедры **Проконова С.П.** Замечания: 1. Во второй главе автореферата не приведены допущения для оптимизации затрат на измельчение кормов (форма, размеры и т.д.). 2. В третьей главе автореферата не представлены данные о физико-механических свойствах корнеклубнеплодов. 3. В автореферате не представлен анализ графиков сходимости теоретических, экспериментальных исследований. 4. Из материалов автореферата не понятно, имеются ли акты внедрения измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов в КФХ ИП Имамеева Финавзия Минеханова. 5. Из материалов автореферата на стр. 10, рис. 6, не совсем понятна конструкция ротора в сборе измельчителя-смесителя, противорежущих и направляющих пластин, из-за плохого качества картинки;

- д.т.н., профессора, профессора кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» **Купреенко А.И.** Замечания: 1. Расположение приводного электродвигателя под измельчающим аппаратом, как показывает опыт прежних конструкций, может приводить к попаданию в него выделяющегося сока. 2. Из текста автореферата не ясна роль поворотных

направляющих пластин (поз. 5 на рис. 1 стр. 6). 3. В заключении желательно было бы указать конкретные параметры предлагаемого измельчителя-смесителя: мощность приводного электродвигателя, число рядов ножей, величина зазора между ножами и противорезами и т.д.;

- д.т.н., профессора, профессора кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» **Иванова Ю.Г.** Замечания: 1. Из автореферата неясно, каким образом обеспечивалась равномерность подачи исходного материала в приемный бункер при проведении экспериментальных исследований, и учитывалось ли влияние неравномерности загрузки на стабильность полученных результатов. 2. Предпринимались ли автором попытки адаптировать разработанную конструкцию для измельчения других видов корнеклубнеплодов (свекла, морковь, топинамбур) и каковы рекомендации по настройке режимов работы для различного сырья?;

- к.т.н., доцента, заведующего кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, технологии и механизации животноводства ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» **Николаева В.Н.** Замечание: 1. В автореферате не пояснено, каким образом обеспечивается заданное качество кормовой смеси при подготовке измельченной смеси картофеля и концентрированных кормов, в каком соотношении они подаются в рабочую камеру и как наличие концентрированных кормов влияет на процесс их измельчения-смешивания;

- к.т.н., доцента, доцента кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет» **Зайцева С.П.** Замечания: 1. Из представленного автореферата не совсем понятно, какой мощности двигатель подобран для экспериментальной конструкции измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов при определении энергоемкости процесса? 2. Предлагаемое размещение ножей в 8 рядов и противорезов значительно повышает энергоемкость линии. Как это обеспечивает снижение себестоимости приготовления кормовой смеси? 3. Для какого конкретного поголовья животных в фермерском хозяйстве готовится кормовая смесь, состоящая из корнеклубнеплодов и концентрированных кормов?;

- д.т.н., профессора, профессора кафедры механизации сельскохозяйственных процессов ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р Филиппова» **Раднаева Д.Н.** Замечания: 1. Из автореферата непонятно какой фактор является параметром оптимизации? 2. На рисунках 7,8,9,10,12 не отражена координатная сетка. Поэтому сложно увидеть промежуточные показания параметров. Рисунок 11 отсутствует;

- д.т.н., профессора, проректора по научной работе ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» **Шахова В.А.** и к.т.н., доцента кафедры технического сервиса того же вуза **Учкина П.Г.** Замечания: 1. Что означает понятие «скользящее резание»? Каков физический смысл коэффициента скользящего резания? 2. На рисунке 2 представлена схема разложения сил резания для определения

энергозатрат. Как приведенная схема учтена при расчете энергозатрат и каких? 3. Как выполнено просцирование уравнения 11 на указанные оси и как получена система уравнений 12? Каков физический смысл центрального угла G/r ? 4. Графики на рис. 8 не информативны, нет возможности определить числовые значения приведенных параметров в динамике. С какой целью приведены графики на рисунке 9? Как это использовалось при проектировании или совершенствовании измельчителя-смесителя?

- к.т.н., доцента кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» **Пупковой Д.А.** Замечания: 1. Недостаточное освещение вопросов масштабирования разработки. 2. Отсутствие детального анализа влияния сезонности на работу оборудования. 3. Неполная проработка вопросов ремонтпригодности конструкции.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, компетентностью в области технологий и средств механизации сельского хозяйства, теории резания кормов, конструктивных особенностей измельчителей корнеклубнеплодов и кормового сырья, многолетним опытом проведения экспериментальных исследований и разработки машин для агропромышленного комплекса, высокой публикационной активностью и способностью дать квалифицированную оценку новизны и научно-практической значимости диссертационного исследования.

Ведущая организация известна научными исследованиями по направлениям: разработка технологий и технических средств для механизации процессов в агропромышленном комплексе, совершенствование машин и оборудования для кормопроизводства и животноводства, повышение энергоэффективности сельскохозяйственной техники, создание измельчителей кормового сырья и оборудования для переработки продукции растениеводства и животноводства. Наиболее значимые работы ученых ведущей организации отражены в публикациях ведущих российских и международных изданий, таких как «Техника и оборудование для села», «Аграрный научный журнал», «Агроинженерия», «Техника и технологии в животноводстве» и др. Работы ученых ведущей организации в направлении исследований, близких тематике диссертации, неоднократно отмечались на российском и международном уровне.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

разработана конструктивно-технологическая схема измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов с конической рабочей камерой и многорядным расположением ножей на вертикальном валу, обеспечивающая последовательное уменьшение размера частиц корма в соответствии с зоотехническими требованиями, техническая новизна подтверждена патентами Российской Федерации (патенты на изобретения № 2760435, № 2788535, патент на полезную модель № 230912);

разработана математическая модель процесса измельчения корнеклубнеплодов,

учитывающая работу резания на каждом ряду ножей, скользящее резание и суммарную мощность привода, и отличающаяся возможностью прогнозирования энергозатрат в зависимости от числа ножей, частоты вращения и физико-механических свойств материала;

получены графоаналитические зависимости, позволяющие определить геометрические и режимные параметры лопасти швырялки выгрузной камеры, обеспечивающей максимальную скорость выгрузки или минимальное время пребывания материала в камере в зависимости от радиуса кривизны и направления изгиба;

получены уравнения удельной энергоемкости, пропускной способности измельчителя-смесителя и процентного содержания частиц, соответствующих зоотехническим требованиям, в зависимости от частоты вращения ротора при различных комбинациях рабочих органов измельчителя-смесителя.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

получено аналитическое описание рабочего процесса измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов с конической рабочей камерой и многорядным расположением горизонтальных ножей на вертикальном валу, позволившее установить взаимосвязь пропускной способности, степени измельчения и удельной энергоёмкости с конструктивно-режимными параметрами устройства;

установлено влияние угла скользящего резания и геометрических параметров режущих элементов на энергоемкость процесса измельчения корнеклубнеплодов: удельная линейная сила резания снижается на 50 – 60 % при увеличении угла скольжения;

определены с помощью численного решения дифференциальных уравнений движения материала рациональные параметры лопасти швырялки выгрузной камеры: для обеспечения максимальной скорости выгрузки (36,56 м/с) лопасть должна быть загнута по направлению вращения с радиусом кривизны $R = 0,15$ м, для минимального времени пребывания материала – загнута против направления вращения с тем же радиусом.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

доказана целесообразность применения конической рабочей камеры с многорядным расположением горизонтальных ножей на вертикальном валу и уменьшающимся шагом между ними на 10 – 20 %, обеспечивающей последовательное измельчение корнеклубнеплодов до требуемой зоотехническими нормами дисперсности при равномерной нагрузке на режущие органы;

принята к внедрению разработанная конструкция измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов в производственную деятельность КФХ ИП Имамеева Ф.М. (Рыбно-Слободский район Республики Татарстан);

подтверждено производственными испытаниями, что использование разработанного измельчителя-смесителя позволяет повысить производительность труда на 10 – 15 % при подготовке измельченной смеси картофеля и концентрированных кормов, а также снизить энергоемкость рабочего процесса на 5 – 10 %;

определен расчетный годовой экономический эффект от применения измельчителя-смесителя корнеклубнеплодов в сравнении с серийным измельчителем корнеплодов К-300, который составляет 199563 руб/год;

внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» результаты теоретических исследований (аналитические зависимости для определения пропускной способности, энергоемкости и параметров лопасти швырялки), результаты экспериментальных исследований (фракционный состав измельченного корма, удельная энергоемкость при различных режимах работы), экспериментальный образец измельчителя-смесителя при выполнении лабораторных работ по дисциплинам «Технологическое оборудование для переработки продукции растениеводства и животноводства», «Техника и технологии для животноводства», а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ студентами, обучающимися по направлениям 35.03.06 и 35.04.06 «Агроинженерия».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность научных положений, результатов и выводов диссертационной работы подтверждается применением комплекса взаимодополняющих методов теоретических и экспериментальных исследований, основанных на фундаментальных законах механики и резания, а также использованием аттестованных средств измерений в соответствии с требованиями действующих ГОСТ;

количественное подтверждение адекватности разработанных математических моделей обеспечивается сопоставимостью расчетных и экспериментальных данных с отклонением не более 15 %, высокими коэффициентами детерминации ($R^2 > 0,85$) при аппроксимации зависимостей и практическим достижением в производственных условиях заявленных показателей по повышению производительности труда на 10 – 15 % и снижению энергоемкости процесса на 5 – 10 %.

Личный вклад соискателя состоит в анализе научно-технической задачи, выявлении перспективного направления повышения эффективности измельчения корнеклубнеплодов для малых форм хозяйствования, теоретическом обосновании параметров измельчителя-смесителя, разработке методик и проведении экспериментов, в обработке полученных данных, технико-экономической оценке, формулировании выводов и рекомендаций. Автору принадлежат основные идеи работ, опубликованных в соавторстве.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса: п. 2 «Теория и методы технологического воздействия на объекты сельскохозяйственного производства (почву, растения, животных, зерно, молоко и др.)», п. 4 «Механизированные, автоматизированные и роботизированные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса», п. 6 «Методы и средства оптимизации технологий, параметров и режимов работы машин и оборудования».

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования: полученные результаты могут быть рекомендованы к использованию в кормоприготовительных цехах малых фермерских хозяйств и сельскохозяйственных предприятиях по переработке корнеклубнеплодов (картофеля,

свеклы, моркови) для приготовления сочных кормов. Оптимальный режим работы (частота вращения ротора 1200 мин⁻¹, 8 рядов ножей, лопасть швырялки загнута против направления вращения) рекомендуется для достижения максимального содержания целевой фракции (5 – 20 мм) при умеренных энергозатратах. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Агроинженерия» в высших учебных заведениях.


В ходе защиты диссертации критических замечаний по научной новизне и значимости работы для науки и практики высказано не было. Пополдnev Родион Сергеевич аргументировано ответил на замечания и задаваемые в ходе заседания вопросы, четко обосновал собственную позицию. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Диссертационным советом сделан вывод, что рассматриваемая диссертация является научно-квалификационной работой и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции).

На заседании 29.04.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Пополдневу Родиону Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук за новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области создания энергоэффективного оборудования для приготовления кормов в агропромышленном комплексе, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие животноводства и повышение ресурсосберегающего потенциала отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет 24.2.312.10 в количестве 11 человек, из них 3 доктора наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 11, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета


Рушан Гареевич Сафин

Ученый секретарь
диссертационного совета


Екатерина Игоревна Байгильдеева

29 апреля 2026 г.